

PUBLICATION NUMBER : 2002296555
PUBLICATION DATE : 09-10-02

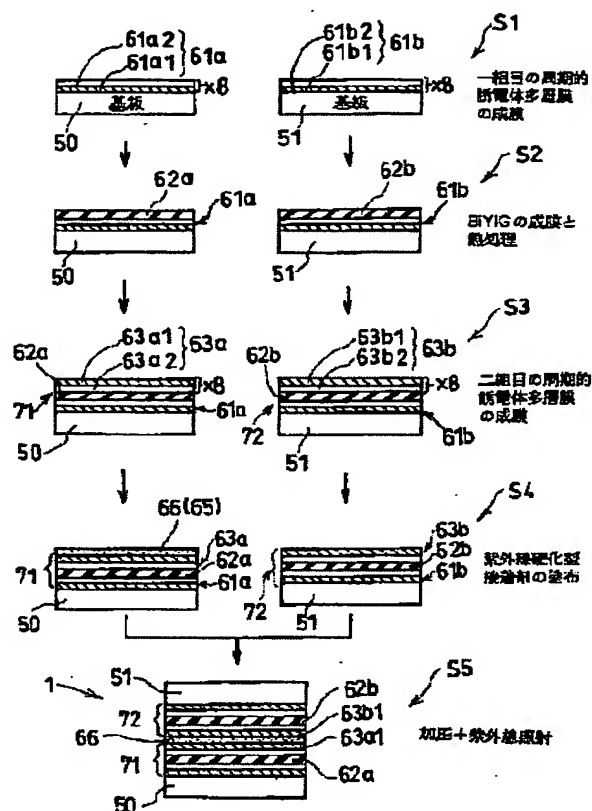
APPLICATION DATE : 30-03-01
APPLICATION NUMBER : 2001100926

APPLICANT : MINEBEA CO LTD;

INVENTOR : TAKAYAMA AKIO;

INT.CL. : G02F 1/09 G11B 7/135

TITLE : METHOD FOR MANUFACTURING FARADAY ROTATOR



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for manufacturing a Faraday rotator by which deviation of optical length can be minimized even with a low-cost film deposition apparatus.

SOLUTION: The first substrate side magneto-optical thin film 62a [BiYIG] of a first multilayer film 71 $[(Ta_2O_5/SiO_2)^8/BiYIG/(SiO_2/Ta_2O_5)^8]$ and the second substrate side magneto-optical thin film 62b [BiYIG] of a second multilayer film 72 $[(Ta_2O_5/SiO_2)^8/BiYIG/(SiO_2/Ta_2O_5)^8]$ are formed (step S2) in the same film deposition lot, accordingly the optical lengths of the first substrate side magneto-optical thin film 62a and the second substrate side magneto-optical thin film 62b can easily be regulated within the allowed value and magneto-optical characteristics and yield can be enhanced. Since a low-cost film deposition apparatus not having especially high performance can be used, the resulting Faraday rotator is made moderate in price.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-296555
(P2002-296555A)

(43) 公開日 平成14年10月9日 (2002.10.9)

(51) Int.Cl.⁷

G 0 2 F 1/09
G 1 1 B 7/135

識別記号

5 0 5

F I

G 0 2 F 1/09
G 1 1 B 7/135

テームト (参考)

5 0 5 2 H 0 7 9
A 5 D 1 1 9

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2001-100926 (P2001-100926)

(22) 出願日 平成13年3月30日 (2001.3.30)

(71) 出願人 000114215
ミネベア株式会社
長野県北佐久郡御代田町大字御代田4106-73
(72) 発明者 松下 毅
静岡県磐田郡浅羽町浅名1743-1 ミネベア株式会社浜松製作所内
(72) 発明者 井上 光輝
愛知県岡崎市伊賀町地藏ヶ入20-8
(74) 代理人 100068618
弁理士 専 経 夫 (外3名)

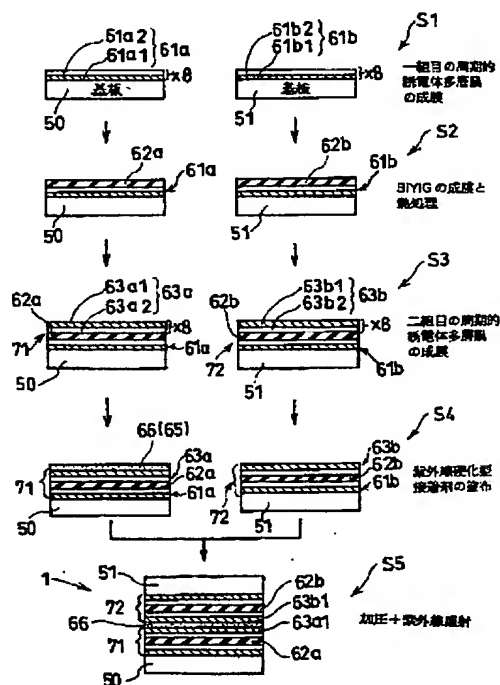
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ファラデー回転子の作製方法

(57) 【要約】

【課題】 安価な成膜装置を用いても光学長のずれの発生を必要最小限に抑えることができるファラデー回転子の作製方法を提供する。

【解決手段】 第1積層膜71〔 $(\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2)^n/\text{BiYIG}$ 〕の第1基板側磁気光学薄膜62a〔 BiYIG 〕及び第2積層膜72〔 $(\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2)^n/\text{BiYIG}/(\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5)^n$ 〕の第2基板側磁気光学薄膜62b〔 BiYIG 〕を、同一成膜ロットで成膜する(ステップS2)。このため、第1基板側磁気光学薄膜62a及び第2基板側磁気光学薄膜62bの光学長を容易に許容値以内に納めることができ、ひいては磁気光学特性の向上及び歩留りの向上を図ることができる。成膜装置としては特に高性能で高価なものではなく、安価な成膜装置を用いることが可能であり、これに伴い、ファラデー回転子の低廉化を図ることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 異なる屈折率を有する2種類の誘電体薄膜がその厚さに規則性をもって交互に積層された周期的誘電体多層膜と、該周期的誘電体多層膜2つの間に設けた磁気光学薄膜とからなる積層膜二組のうち少なくとも前記磁気光学薄膜を同一成膜ロットで作製した後、その二組の積層膜を向かい合わせた際に各積層膜の最も表面側に位置する高屈折率誘電体薄膜同士の間隙が、光学長として $\lambda/4 + m\lambda/2$ (λ は光の波長、 m は0または正の整数)となるように透光性を有し、かつ前記高屈折率誘電体薄膜よりも低い屈折率を有する誘電体薄膜を介して二組の積層膜を接合することを特徴とするファラデー回転子の作製方法。

【請求項2】 請求項1記載の構成において、前記光学長が $\lambda/4 + m\lambda/2$ となる誘電体薄膜の少なくとも一部に、紫外線硬化型接着剤を用いることを特徴とするファラデー回転子の作製方法。

【請求項3】 請求項1記載の構成において、前記光学長が $\lambda/4 + m\lambda/2$ となる誘電体薄膜の少なくとも一部に、熱硬化型接着剤を用いることを特徴とするファラデー回転子の作製方法。

【請求項4】 請求項1記載の構成において、前記光学長が $\lambda/4 + m\lambda/2$ となる誘電体薄膜の少なくとも一部に、高融点ガラスを用いて加熱圧着法により二組の積層膜を接合したことを特徴とするファラデー回転子の作製方法。

【請求項5】 請求項4記載の構成において、前記高融点ガラスは、 SiO_2 の含有率が80mass%以上であり軟化点が800℃以上である硼珪酸ガラスを用いることを特徴とするファラデー回転子の作製方法。

【請求項6】 請求項1から請求項5までのいずれかに記載の構成において、前記異なる屈折率を有する2種類の誘電体薄膜の膜厚が、光学長として $\lambda/4 + k\lambda/2$ (λ は光の波長、 k は0または正の整数)であることを特徴とするファラデー回転子の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバ通信、光記録、光計測システム等に用いられる光アイソレータ、光サーキュレータを構成するファラデー回転子の作製方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体レーザを光源とした光ファイバ通信システム、特に高速デジタル伝送やアナログ直接変調方式による光システムにおいては、光ファイバ回路中に使用している光コネクタ接続点や光回路部品等からの反射光が半導体レーザや光増幅器に戻ると、周波数特性の劣化や雑音の発生のために高品質な伝送が困難となる。この反射光を除去する目的で光アイソレータが使用されている。

【0003】光アイソレータは、一定の偏光面の光のみを通過させる一対の偏光子及び検光子と、光の偏光面を45度回転させるファラデー回転子と、ファラデー回転子に磁場を印加する永久磁石とから大略構成されている。

【0004】光アイソレータの構成部材のうち、光アイソレータの性能に大きく影響するのはファラデー回転子である。そして、ファラデー回転子には、偏光面を45度回転させるのに必要な素子長が短いこと及び光透過率が大きいたことが要求される。これまで、ファラデー回転子としては、イットリウム鉄ガーネット(YIG)バルク単結晶(厚さが約2mm)と、イットリウムの一部を磁気光学性能指数の大きいビスマスで置換したビスマス置換希土類鉄ガーネット(BiYIG)厚膜単結晶(厚さが数百 μm)からなるもの等がある。最近では、光アイソレータの小型化に有利であることから、BiYIG厚膜単結晶が多く使用されている。

【0005】この厚膜単結晶は、液相エピタキシャル成長法により作製されるが、安定した液相エピタキシャル成長を行うには多くの作製パラメータを正確に制御する必要があり、大面積にわたって均一な単結晶を歩留りよく成長させることが困難であった。また、結晶成長に20時間以上を要すること、及び基板に高価な非磁性GGG(ガドリニウム・ガリウム・ガーネット)単結晶ウェーハを用いる必要があることから、低コスト化の妨げとなっていた。

【0006】上述したような状況で、本発明者らは、上記の液相エピタキシャル成長法で作製するファラデー回転子(磁気光学体)の問題点を解決するために、光の局在による磁気光学効果(ファラデー効果はこの磁気光学効果の一種である。)のエンハンスメントをおこす1次元磁性フォトリック結晶からなるファラデー回転子(磁気光学体)を、例えば特願平11-283512号等で提案している。そして、本発明者らが提案した上述した1次元磁性フォトリック結晶からなるファラデー回転子(磁気光学体)は、数 μm 厚の多結晶性でありながら、大きなファラデー回転角を得ることができるものである。

【0007】なお、1次元磁性フォトリック結晶に関しては、本発明者らが提案した前記特願平11-283512号や日本応用磁気学会誌、23、1861-1866(1999)に詳しく述べられている。1次元磁性フォトリック結晶の構成としては、磁性体と誘電体との各層の厚さを不規則にして多層膜状に形成したものや、屈折率が異なる2種類の誘電体とその厚さに規則性を持って交互に積層された2つの誘電体多層膜と磁性体からなる不規則層(欠陥層)とを備えたものがある。

【0008】上記のうち、後者はファブリペロー共振器構造として古くから知られている構造と同一であり、作製が容易な膜構造でありながら大きなエンハンスメント

が得られることが分かっている。ファブリペロー共振器の反射鏡の役割を果たす誘電体多層膜を構成する誘電体としては、 $(\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2)$ 系が一般的であるが、 $(\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2)$ 系よりも少ない積層数で大きなファラデー回転角が得られる (Si/SiO_2) 系も提案されている。また、各誘電体（誘電体薄膜）の膜厚は、光学長（光路長 \times 屈折率）が $\lambda/4 + k\lambda/2$ （ λ は光の波長、 k は0または正の整数）となるように設計する必要がある。また、光の局在が生じる磁性体（磁気光学薄膜）からなる不規則層（欠陥層）の光学長は、 $n\lambda/2$ （ n は正の整数）とするのが一般的である。

【0009】しかし、ファブリペロー共振器構造を有するファラデー回転子（以下、S. H. W. (Single Half Wave) 構造という。）では、ファラデー回転角と光の透過率との間にはトレードオフの関係があり、例えばファラデー回転角を光アイソレータに必要な45度まで大きくすると、透過率は約50%に低下する。このトレードオフの解決策として、積層膜構造に関して、二組のファブリペロー共振器を光学長が $\lambda/4 + m\lambda/2$ （ λ は光の波長、 m は0または正の整数）である誘電体薄膜（以下、中間誘電体薄膜という。）を介して接合した構造（以下、D. H. W. (Double Half Wave) 構造という。）とする方法が提案されている。図5にD. H. W. 構造のファラデー回転子の一例である磁気光学体10Aを示す。その詳細は、本発明者らが提案した特願2000-274936に説明されているが、大略次のように構成されている。

【0010】すなわち、図5において、磁気光学体10Aは、二組の1次元磁性フォトニック結晶21、22（以下、第1組1次元磁性フォトニック結晶21、第2組1次元磁性フォトニック結晶22という。）を有し、第1組、第2組1次元磁性フォトニック結晶21、22を、光学長が $\lambda/4 + m\lambda/2$ （ λ は光の波長、 m は0または正の整数）である中間誘電体薄膜23を介して積層したものになっている。

【0011】第1組1次元磁性フォトニック結晶21は、異なる屈折率を有する2種類の誘電体薄膜（以下、第1誘電体薄膜24及び第2誘電体薄膜25という。）がその厚さに規則性をもって交互に積層された2つの周期的誘電体多層膜（誘電体多層膜）26、27と、該2つの周期的誘電体多層膜26、27の間に設けた磁気光学薄膜28〔ビスマス置換希土類鉄ガーネット（BiYIG）膜〕とからなっている。

【0012】同様に、第2組1次元磁性フォトニック結晶22は、異なる屈折率を有する2種類の誘電体薄膜〔第1誘電体薄膜24及び第2誘電体薄膜25〕がその厚さに規則性をもって交互に積層された2つの周期的誘電体多層膜（誘電体多層膜）29、30と、該2つの周期的誘電体多層膜29、30の間に設けた磁気光学薄膜31〔ビスマス置換希土類鉄ガーネット（BiYIG）膜〕

とからなっている。図5中、40は透光性に優れ光学研磨された基板である。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述したD. H. W. 構造を有する多層膜は、良好な透過率と良好なファラデー回転角が得られるものの、このように良好な特性を確保して歩留り良くするためにはかなり厳しく光学長を制御する必要があることが分かった。特に、二層の磁気光学薄膜の光学長（磁気光学薄膜28の光学長及び磁気光学薄膜31の光学長）にわずかなずれが生じると、磁気光学特性が大きく劣化することが理論解析から明らかになった。膜構造が、 $(\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2)^*/\text{BiYIG}/(\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5)^*/\text{SiO}_2/(\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2)^*/\text{BiYIG}/(\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5)^*$ の場合を例に、二層のBiYIG（磁気光学薄膜）の光学長のずれが光の透過率に及ぼす影響（一方のBiYIGの光学長が正規の値からずれた場合の光の透過率に及ぼす影響）を調べた結果を図6に示す。なお、理論解析に際しては波長を1.3 μm とし、また、BiYIG、 SiO_2 及び Ta_2O_5 のそれぞれの膜の屈折率をBiYIG（2.36）、 SiO_2 （1.42）、 Ta_2O_5 （2.14）とした。図6から光の透過率を95%以上にするには、0.01%以下の誤差で光学長を再現性よく制御しなければならないことが分かる。高い歩留りでこの値を達成するには、高性能で高価な成膜装置が必要であり、また装置の維持管理を徹底して行う必要があることから、コストの低減化が困難となっていた。

【0014】本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、またD. H. W. 構造における中間誘電体薄膜を対称中心とした積層膜の対称性に注目してなされたもので、安価な成膜装置を用いても光学長のずれの発生を必要最小限に抑えることができるファラデー回転子の作製方法を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】請求項1に係るファラデー回転子の作製方法の発明は、異なる屈折率を有する2種類の誘電体薄膜がその厚さに規則性をもって交互に積層された周期的誘電体多層膜と、該周期的誘電体多層膜2つの間に設けた磁気光学薄膜とからなる積層膜二組のうち少なくとも前記磁気光学薄膜を同一成膜ロットで作製した後、その二組の積層膜を向かい合わせた際に各積層膜の最も表面側に位置する高屈折率誘電体薄膜同士の間隙が、光学長として $\lambda/4 + m\lambda/2$ （ λ は光の波長、 m は0または正の整数）となるように透光性を有し、かつ前記高屈折率誘電体薄膜よりも低い屈折率を有する誘電体薄膜を介して二組の積層膜を接合することを特徴とする。請求項2記載の発明は、請求項1記載の構成において、前記光学長が $\lambda/4 + m\lambda/2$ となる誘電体薄膜の少なくとも一部に、紫外線硬化型接着剤を用いることを特徴とする。請求項3記載の発明は、請求項1記載の構成において、前記光学長が $\lambda/4 + m\lambda/2$ と

なる誘電体薄膜の少なくとも一部に、熱硬化型接着剤を用いることを特徴とする。

【0016】請求項4記載の発明は、請求項1記載の構成において、前記光学長が $\lambda/4 + m\lambda/2$ となる誘電体薄膜の少なくとも一部に、前記高融点ガラスを用いて加熱圧着法により二組の積層膜を接合したことを特徴とする。請求項5記載の発明は、請求項4記載の構成において、前記高融点ガラスは、 SiO_2 の含有率が80mass%以上であり軟化点が800℃以上である硼珪酸ガラスを用いることを特徴とする。請求項6記載の発明は、請求項1から請求項5までのいずれかに記載の構成において、前記異なる屈折率を有する種類の誘電体薄膜の膜厚が、光学長として $\lambda/4 + k\lambda/2$ (λ は光の波長、 k は0または正の整数)であることを特徴とする。

【0017】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の第1実施の形態に係るファラデー回転子の作製方法を図1ないし図3に基づいて説明する。本実施の形態では、ファラデー回転子としては、膜構造が、 $(\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2)^m/\text{BiYIG}/(\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5)^n/\text{SiO}_2/(\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2)^m/\text{BiYIG}/(\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5)^n$ 〔D. H. W. 構造〕のファラデー回転子を例にする。

【0018】ファラデー回転子の作製方法の説明に先だって、透過率に及ぼす中間誘電体薄膜の光学長の光学特性に及ぼす影響について、本願発明者が解析などにより知り得たことを説明する。すなわち、透過率に及ぼす中間誘電体薄膜(第1実施の形態では後述する中間誘電体薄膜66が相当する)の光学長の光学特性に及ぼす影響を調べたところ、図3に示すように、中間誘電体薄膜の光学長誤差(設計値 $\lambda/4$ からのずれ)が0から30%まで大きくなっても光の透過率はほとんど低下せず、従って光学長許容度が非常に大きいことが分かった。従って、二組の積層膜(第1実施の形態では後述する第1積層膜71及び第2積層膜72が相当する)の接合には、種々の方法が適用可能である。

【0019】本発明の第1実施の形態の作製方法では、まず、図1に示すように、ステップS1において、透光性に優れた光学研磨された基板2枚(以下、第1基板50、第2基板51とする。)を用意し、第1基板50、第2基板51にそれぞれ同一の成膜ロット内で一組目の周期的誘電体多層膜の成膜を行う。なお、後述するステップS2、S3の各ステップにおいても、基板50側及び基板51側に対する成膜はそれぞれ同一の成膜ロット内で行うようにしている。なお、各誘電体薄膜の作製には、蒸着法、スパッタ法等の薄膜作製技術が適用できる。

【0020】ステップS1では、第1基板50に光学長が $\lambda/4$ の高屈折率誘電体薄膜61a1〔 Ta_2O_5 〕を成膜し、続いて光学長が $\lambda/4$ の低屈折率誘電体薄膜61a2〔 SiO_2 〕を成膜し、この工程を8回繰り返すこと

(このように工程を8回繰り返すことを便宜上、図1中に「×8」として示す。)により、一組目の周期的誘電体多層膜となる $(\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2)^m$ 多層膜(一組目の第1基板側周期的誘電体多層膜61aという。)を形成する。同様に、第2基板51に、第1基板50と同一の成膜ロット内で、光学長が $\lambda/4$ の高屈折率誘電体薄膜61b1〔 Ta_2O_5 〕を成膜し、続いて光学長が $\lambda/4$ の低屈折率誘電体薄膜61b2〔 SiO_2 〕を成膜し、この工程を8回繰り返すことにより、一組目の周期的誘電体多層膜となる $(\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2)^m$ 多層膜(一組目の第2基板側周期的誘電体多層膜61bという。)を形成する。

【0021】次のステップS2で、一組目の第1基板側周期的誘電体多層膜61a及び一組目の第2基板側周期的誘電体多層膜61bの上に磁気光学薄膜〔BiYIG〕

(第1基板50側のものを第1基板側磁気光学薄膜62aといい、第2基板51のものを第2基板側磁気光学薄膜62bという。)を同一成膜ロット内で成膜する。磁気光学薄膜としてBiYIGを用いた場合、成膜直後はアモルファス構造をなして磁性を持たないため、高温熱処理して結晶化させる必要がある。なお、磁気光学薄膜の作製には、組成制御の点でスパッタ法が適している。

【0022】次のステップS3で、第1基板50及び第2基板51のそれぞれを対象にして、同一成膜ロット内で、磁気光学薄膜〔第1基板側磁気光学薄膜62a及び第2基板側磁気光学薄膜62b〕上に二組目の周期的誘電体多層膜となる $(\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5)^n$ 多層膜を形成する。

【0023】すなわち、第1基板側磁気光学薄膜62a上に光学長が $\lambda/4$ の低屈折率誘電体薄膜63a2〔 SiO_2 〕を成膜し、続いて、光学長が $\lambda/4$ の高屈折率誘電体薄膜63a1〔 Ta_2O_5 〕を成膜し、この工程を8回繰り返すことにより、二組目の周期的誘電体多層膜となる $(\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5)^n$ 多層膜(二組目の第1基板側周期的誘電体多層膜63aという。)を形成し、積層膜(第1積層膜)71〔 $(\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2)^m/\text{BiYIG}/(\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5)^n$ 〕を得る。

【0024】同様に、第2基板側磁気光学薄膜62b上に光学長が $\lambda/4$ の低屈折率誘電体薄膜63b2〔 SiO_2 〕を成膜し、続いて、光学長が $\lambda/4$ の高屈折率誘電体薄膜63b1〔 Ta_2O_5 〕を成膜し、この工程を8回繰り返すことにより、二組目の周期的誘電体多層膜となる $(\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5)^n$ 多層膜(二組目の第2基板側周期的誘電体多層膜63bという。)を形成し、積層膜(第2積層膜)72〔 $(\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2)^m/\text{BiYIG}/(\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5)^n$ 〕を得る。

【0025】ここで、第1積層膜71〔 $(\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2)^m/\text{BiYIG}/(\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5)^n$ 〕の第1基板側磁気光学薄膜62a〔BiYIG〕及び第2積層膜72〔 $(\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2)^m/\text{BiYIG}/(\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5)^n$ 〕の第2基板側磁気光学薄膜62b〔BiYIG〕は、上述したように同一成膜ロットで成膜されており(ステップS2)、第1基板側磁気光学薄膜

62a及び第2基板側磁気光学薄膜62bの光学長を容易に許容値以内に納めることができるようになっている。

【0026】続くステップS4で、次に中間誘電体薄膜(誘電体薄膜)66の構成材となる紫外線硬化型接着剤65を $(\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5)^8$ 多層膜〔二組目の第1基板側周期的誘電体多層膜63a〕上に一定量塗布する。中間誘電体薄膜66は、光学長が $\lambda/4+m\lambda/2$ (λ は光の波長、 m は0または正の整数)であり、透光性を有しかつ二組目の第1基板側周期的誘電体多層膜63a1〔 Ta_2O_5 〕及び二組目の第2基板側周期的誘電体多層膜63b1〔 Ta_2O_5 〕よりも低い屈折率を有するものになっている。

【0027】本実施の形態では、紫外線硬化型接着剤65を第1基板50側の多層膜〔二組目の第1基板側周期的誘電体多層膜63a〕の上にのみ塗布した場合を例にするが、第1基板50側及び第2基板51側に塗布してもよい。

【0028】本実施の形態では、高屈折率誘電体薄膜61a1、61b1、63a1及び63b1〔 Ta_2O_5 〕並びに低屈折率誘電体薄膜61a2、61b2、63a2及び63b2〔 SiO_2 〕が2種類の誘電体薄膜を構成している。

【0029】次に、ステップS5で、第1基板50側の多層膜及び第2基板51側の多層膜〔二組目の第1基板側周期的誘電体多層膜63a及び二組目の第2基板側周期的誘電体多層膜63b〕同士を突き合わせて圧着し、紫外線を照射しながら2つの積層膜〔第1積層膜71及び第2積層膜72〕を接合し、図1の下側部分及び図2に示すように、積層膜〔第1積層膜71及び第2積層膜72〕同士を貼り合わせた積層膜接合体1を得る。中間誘電体薄膜66の光学長は、紫外線硬化型接着剤65の粘度、塗布量及び加圧力で制御する。

【0030】前記ステップS5で得られた積層膜接合体1を、ダイシングマシン等を用いて所定の大きさに切断することにより、 $(\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2)^8/\text{BiYIG}/(\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5)^8/\text{SiO}_2/(\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2)^8/\text{BiYIG}/(\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5)^8$ 〔D. H. W. 構造〕のファラデー回転子が完成する。なお、必要に応じて切断の前に、積層膜接合体1の基板(第1基板50及び第2基板51)を研削により所定の厚みまで薄くしても良く、基板表面にARコートを実施してもよい。ARコートは、空気と接する側の基板表面だけでなく、積層膜と基板の間にも施してよい。

【0031】なお、本実施の形態では、光学接着剤として紫外線を照射することにより硬化する紫外線硬化型接着剤65を用いたが、加熱することにより硬化する熱硬化型接着剤を用いてもよい。

【0032】本実施の形態では、上述したように、第1積層膜71〔 $(\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2)^8/\text{BiYIG}/(\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5)^8$ 〕の第1基板側磁気光学薄膜62a〔BiYIG〕及

び第2積層膜72〔 $(\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2)^8/\text{BiYIG}/(\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5)^8$ 〕の第2基板側磁気光学薄膜62b〔BiYIG〕を、同一成膜ロットで成膜している(ステップS2)ので、第1基板側磁気光学薄膜62a及び第2基板側磁気光学薄膜62bの光学長を容易に許容値以内に納めることができ(すなわち、光学長のずれの発生を必要最小限に抑えることができ)、ひいては磁気光学特性の向上を図ることができる。

【0033】さらに、第1基板側磁気光学薄膜62a及び第2基板側磁気光学薄膜62bの光学長のずれ発生防止を、第1基板側磁気光学薄膜62a及び第2基板側磁気光学薄膜62bに関して同一成膜ロットで成膜することにより果たしているため、成膜装置としては特別に高性能で高価なものでなく、安価な成膜装置を用いることが可能であり、これに伴い、ファラデー回転子の低価格化を図ることができる。

【0034】また、第1基板側磁気光学薄膜62a及び第2基板側磁気光学薄膜62bの光学長のずれ発生防止を、第1基板側磁気光学薄膜62a及び第2基板側磁気光学薄膜62bに関して同一成膜ロットで成膜することにより果たしているため、高い歩留りを確保することができる。従来技術においては、2つの磁気光学薄膜の光学長のずれ発生防止を歩留りよく行うためには、高性能で高価な成膜装置を用いるのに加えて、維持管理を徹底して行う必要があったが、本実施の形態によれば、上述したように高い歩留りを確保できることから、維持管理の簡素化を図ることができ、この分、さらにファラデー回転子の低価格化を図ることができる。

【0035】次に、本発明の第2実施の形態に係るファラデー回転子の作製方法を図4に基づいて説明する。この第2実施の形態では、ファラデー回転子としては、前記第1実施の形態と同様に、膜構造が、 $(\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2)^8/\text{BiYIG}/(\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5)^8/\text{SiO}_2/(\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2)^8/\text{BiYIG}/(\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5)^8$ のファラデー回転子を例にする。なお、二組目の周期的誘電体多層膜を形成する工程(ステップS3)までは、前記第1実施の形態と同様であるので、その説明は省略する。

【0036】この第2実施の形態では、二組目の周期的誘電体多層膜〔二組目の第1基板側周期的誘電体多層膜63a及び二組目の第2基板側周期的誘電体多層膜63b〕を形成する工程(ステップS3)に続いて、中間誘電体薄膜67の構成材となる高融点ガラス68を、2つの積層膜〔第1積層膜71及び第2積層膜72〕上にそれぞれ光学長が $\lambda/8$ となるように成膜する(ステップS4D)。

【0037】その後、高融点ガラス68面(中間誘電体薄膜67)同士を突き合わせて加熱圧着法により2つの積層膜〔第1積層膜71及び第2積層膜72〕を接合し、積層膜〔第1積層膜71及び第2積層膜72〕同士

を貼り合わせた積層膜接合体2を得る(ステップS5D)。

【0038】中間誘電体薄膜67は、光学長が $\lambda/4 + m\lambda/2$ (λ は光の波長、 m は0または正の整数)であり、透光性を有しかつ二組目の第1基板側周期的誘電体多層膜63a1 [Ta_2O_5] 及び二組目の第2基板側周期的誘電体多層膜63b1 [Ta_2O_5] よりも低い屈折率を有するものになっている。

【0039】加熱温度は、BiYIGの熱処理温度以下である650〜700℃とした。650℃で接合することが可能であり、しかも光の透過率が優れている高融点ガラス68として、 SiO_2 を80mass%以上含む硼珪酸ガラスを用いた。この硼珪酸ガラスの軟化点(粘性が $4.5 \times 10^6 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ となる温度)は820℃であった。軟化点よりも100℃以上低い温度で接合ができたことから、加熱圧着時のガラスの変形が少なく、前記第1実施の形態で説明した熱硬化型接着剤64を用いた場合よりも、光学長がより高い精度で制御された中間誘電体薄膜67を形成することができた。なお、ここで中間誘電体薄膜67は全てが高融点ガラス68で構成されている必要はなく、その一部を SiO_2 で構成してもよい。

【0040】前記ステップS5Dで得られた積層膜接合体2を、ダイシングマシン等を用いて所定の大きさに切断することにより、 $(\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2)^n/\text{BiYIG}/(\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5)^n/\text{SiO}_2/(\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2)^n/\text{BiYIG}/(\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5)^n$ [D. H. W. 構造] のファラデー回転子が完成する。なお、必要に応じて切断の前に、積層膜接合体2の基板(第1基板50及び第2基板51)を研削により所定の厚みまで薄くしても良く、基板表面にARコートを実施してもよい。ARコートは、空気と接する側の基板表面だけでなく、積層膜と基板の間にも施してよい。

【0041】この第2実施の形態も、前記第1実施の形態と同様に、第1積層膜71 [($\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2$)ⁿ/BiYIG/($\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5$)ⁿ] の第1基板側磁気光学薄膜62a [BiYIG] 及び第2積層膜72 [($\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2$)ⁿ/BiYIG/($\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5$)ⁿ] の第2基板側磁気光学薄膜62b [BiYIG] を、同一成膜ロットで成膜している(ステップS2)ので、第1基板側磁気光学薄膜62a及び第2基板側磁気光学薄膜62bの光学長を容易に許容値以内に納めることができ、ひいては磁気光学特性の向上を図ることができる。さらに、安価な成膜装置を用いることが及び維持管理の簡素化を図ることが可能となり、ファラデー回転子の低廉化を図ることができる。

【0042】上記第1、第2実施の形態では、高屈折率誘電体薄膜61a1、61b1、63a1及び63b1 [Ta_2O_5] 並びに低屈折率誘電体薄膜61a2、61b2、63a2及び63b2 [SiO_2] が2種類の誘電体薄膜を構成することは上述した通りである。そして、上記第1、第2実施の形態では、前記2種類の誘電体薄膜に関して、その各膜厚が光学長として $\lambda/4$ である場合を

例にしたが、これに代えて、光学長として $\lambda/4 + k\lambda/2$ (λ は光の波長、 k は0または正の整数)であるように構成してもよい。

【0043】

【発明の効果】請求項1から請求項6までのいずれかに記載の発明によれば、異なる屈折率を有する2種類の誘電体薄膜がその厚さに規則性をもって交互に積層された周期的誘電体多層膜と、該周期的誘電体多層膜2つの間に設けた磁気光学薄膜とからなる積層膜二組を同一成膜ロットで作製した後、その二組の積層膜を向かい合わせた際に各積層膜の最も表面側に位置する高屈折率誘電体薄膜同士の間隙が、光学長として $\lambda/4 + m\lambda/2$ (λ は光の波長、 m は0または正の整数)となるように透光性を有しかつ前記高屈折率誘電体薄膜よりも低い屈折率を有する誘電体薄膜を介して二組の積層膜を接合しており、二組の積層膜のそれぞれの磁気光学薄膜は同一成膜ロットで作製されることになるので、二組の積層膜の磁気光学薄膜の光学長を容易に許容値以内に納めることができ(すなわち、光学長のずれの発生を必要最小限に抑えることができ)、ひいては磁気光学特性の向上を図ることができる。

【0044】さらに、二組の積層膜の磁気光学薄膜の光学長のずれ発生防止を、二組の積層膜の磁気光学薄膜に関して同一成膜ロットで成膜することにより果たしているので、成膜装置としては特別に高性能で高価なものでなく、安価な成膜装置を用いることが可能であり、これに伴い、ファラデー回転子の低廉化を図ることができる。

【0045】また、二組の積層膜の磁気光学薄膜の光学長のずれ発生防止を、二組の積層膜の磁気光学薄膜に関して同一成膜ロットで成膜することにより果たしているので、高い歩留りを確保することができ、ひいてはファラデー回転子の低廉化を図ることができる。従来技術においては、2つの磁気光学薄膜の光学長のずれ発生防止を歩留りよく行うためには、高性能で高価な成膜装置を用いるのに加えて、維持管理を徹底して行う必要があったが、本発明によれば、上述したように高い歩留りを確保できることから、維持管理の簡素化を図ることができ、この分、さらにファラデー回転子の低廉化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施の形態に係るファラデー回転子の作製方法を示す工程図である。

【図2】図1の作製方法により得られたファラデー回転子を模式的に示す断面図である。

【図3】中間誘電体薄膜の光学長と光の透過率との関係を示す特性図である。

【図4】本発明の第2実施の形態に係るファラデー回転子の作製方法を示す工程図である。

【図5】従来のファラデー回転子(磁気光学体)の一例

を模式的に示す断面図である。

【図6】従来の課題を説明するための図である。

【符号の説明】

1、2 積層膜接合体
 61a1、61b1、63a1及び63b1 高屈折率誘電体薄膜〔 Ta_2O_5 〕（異なる屈折率を有する2種類の誘電体薄膜の一つ）

61a2、61b2、63a2及び63b2 低屈折率誘電体薄膜〔 SiO_2 〕（異なる屈折率を有する2種類の誘電体薄膜の一つ）

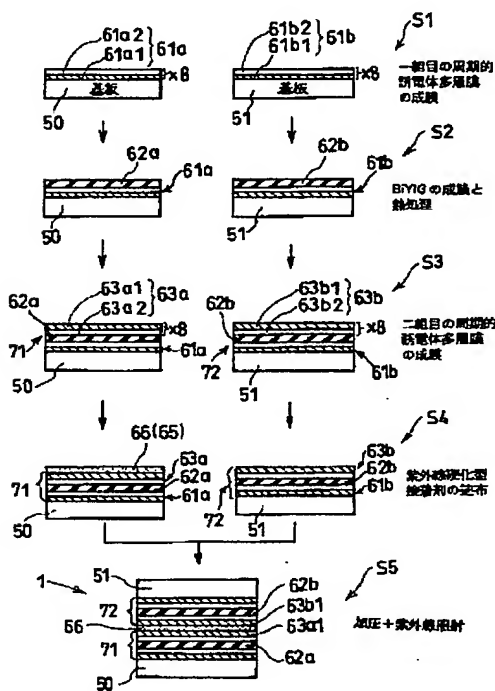
62a 第1基板側磁気光学薄膜

62b 第2基板側磁気光学薄膜

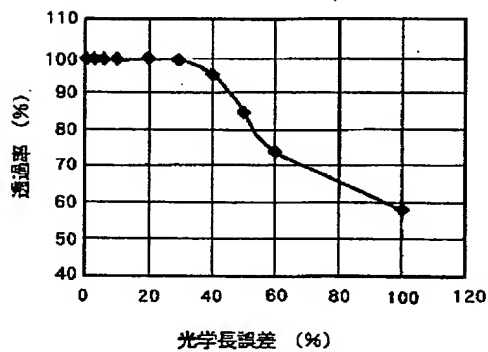
71 第1積層膜

72 第2積層膜

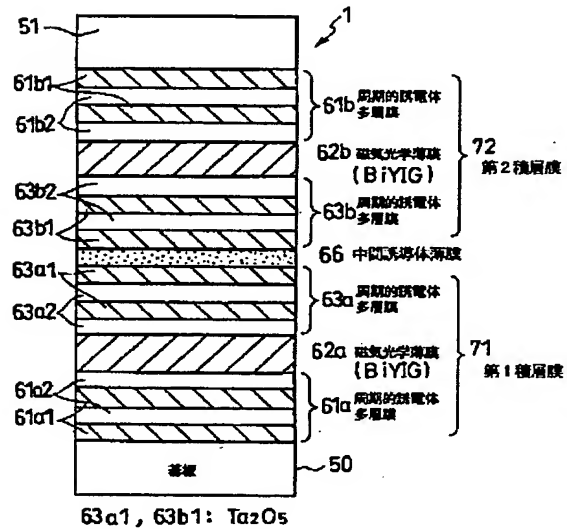
【図1】



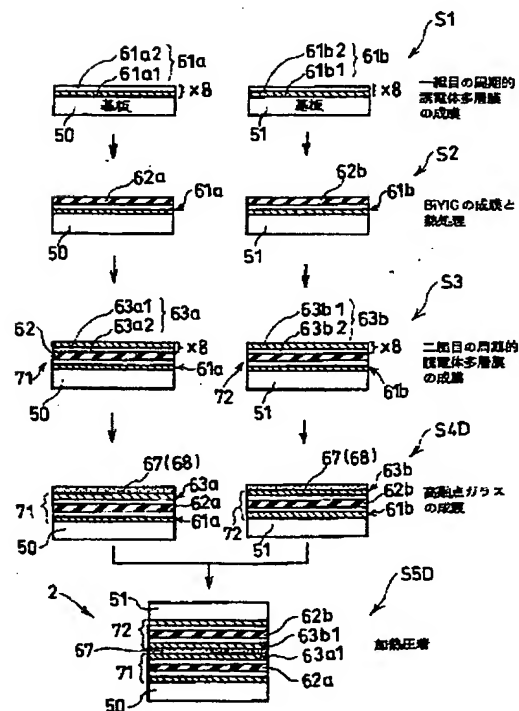
【図3】



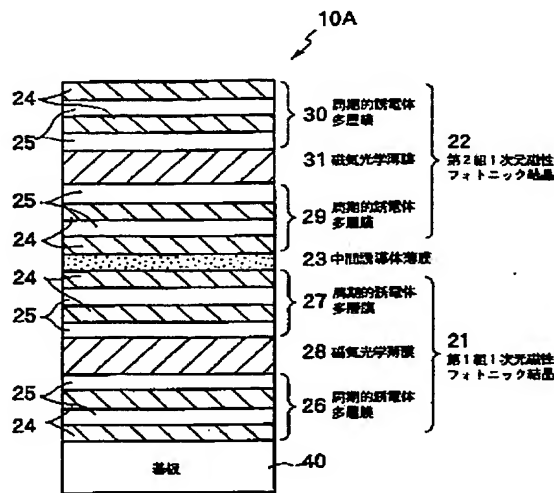
【図2】



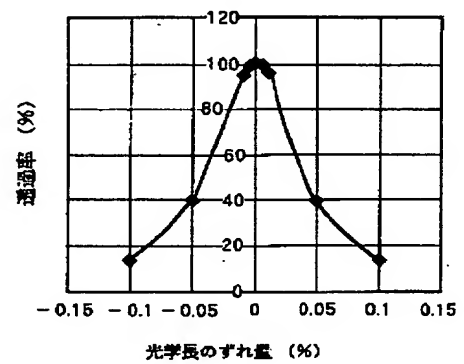
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72) 発明者 加藤 英樹
静岡県磐田郡浅羽町浅名1743-1 ミネベ
ア株式会社浜松製作所内

(72) 発明者 高山 昭夫
静岡県磐田郡浅羽町浅名1743-1 ミネベ
ア株式会社浜松製作所内
Fターム(参考) 2H079 AA03 BA02 CA06 DA13 EA27
GA01
5D119 AA20 AA40 JA64 JB03